

これは、真島健三郎「佐野博士の耐震構造上の諸説を読む」(昭和2年4月・建築雑誌)の現代語訳です。

佐野博士の耐震構造上の諸説(評論)を読む

真島健三郎

本誌第491号において、「耐震構造上の諸説」として佐野博士の忌憚のないご意見を伺うことができたことに感謝いたします。しかし高論の趣旨は深遠で、容易に理解しがたい点が多くあるように思われますので、ここに本誌の紙面を借りて私の疑問を述べ、教えを受けたいと存じます。幸いに博士のご同意がいただければ、ひとり私のみの幸せではないと思います。

博士の論旨を要約すれば下記のようなことかと思えます。

第一に、地震の運動は非常に不整である。これを単一弦運動(訳者注. 正弦波として扱うこと)等として取り扱おうと、とんだ間違いが生じるであろう。第二に、建物自身の弾性性状ないし振動の性質も非常に不規則・不明確である。これを行儀のよい弾性運動をするものとして考える訳にはいかない。第三に、したがって今日言われるような振動説のようなもので複雑・煩瑣・不明確なこの現象に立ち向かうことはできない。第四、しかるにこれを震度という単一観念に統一して静的に扱えば、複雑・煩瑣・不明確なものでも釈然としてその大略をつかむことが出来る、と説かれている。

論文に見える博士の個々の論評も、結局は上記の見地から出たものに過ぎないと思われますので、主として上記の点について私の忌憚のない考えを述べ、ご意見を伺いたいと思えます。

ご説の通り、地震の運動は全体から見るとかなり不整である。振動説を主張する人間の誰一人として、これを整然とした単一弦運動の連鎖であるなどと考えているわけではない。しかしその一方、まったく手の付けようのないものとはばかり考えているわけでもない。

佐野博士があげられた(不整な地震波の)例は、その不整の最も大きな部分であると思われる。大正12年9月1日の大地震の記録は第一図(訳者注. 以下、第一図から第四図まで、実際に記録された地震波の図があるが、省略)の通りで、SN方向の針は外れた(訳者注. その頃の地震計は単純な変位計で、ようするに蠟を塗った板を針で引っ搔いて記録するような仕掛けになっていたはず)がEW方向の記録は完全なものがとれている。しかも、それは誰の目にも自然現象としてかなり整然としたものと見てよいと思われるのだが、佐野博士が掲げた図にはこの部分が省かれている。同年9月1日午後2時20分の余震の記録は、2日午前11時46分の記録とともに震災予防調査会報告100号甲の中の61頁に載っていて、第二図のとおりである。前者は博士の説明のように非常に不整な標本であるが、後者は地震動も大きく、かなり整然とした標本と言える。これは博士の引例には不要のものだったのかもしれないが、これを無視したことは遺憾である。さらに13年1月15日の強震記録も、主要動の初期の数波は第三図のようにかなり揃ったものであったが、博士はこれを取り上げていないようである。また、大正12年9月26日の記録には、第四図のような見事なものもある。その他、震災予防調査会報告にある記録を通覧すると、これを部分的に見るならば、むしろ良い例の方が多いのではないかと思われる。また、佐野博士が取り上げておられる今村博士の合成図を見ても、cd間を除けばかなり整っているのではないか。

もちろん、顕微鏡的に見ればことごとく不整に相違ないであろうが、我々の目的のためには必ずしもそれほどの精度は要しないのである。おおよその性質をつかみ、それに順応した方法をとればよいであろう。10も20も整然とした波が連続して現れなければ振動説が成り立たない、応用が出来ない、とする理由はないのである。1波でも2波でもよいのである。

また、多少面倒ではあるが、1波ごとに振幅と周期を変えて取り扱うことも可能である。ことに固有周期(訳者注. 原文では「自己振期」)が地震の周期(訳者注. 原文では「地震振期」)の1/2にも達しないような剛建築では、地動の1波中に少なくとも2回の最大変位を生ずる機会があることは理論の上からも認められる(小著の付図にある時相曲線を参照されたい)。そして、剛建築が恐れるべきはまさにこの点にあるのである。振動説はもちろん整然とした数波連続の場合も考えているが、しかしそれを必要条件とするわけではない。

そういうわけで、たとえ地震全体は複雑不整であっても、これを微小な部分に分割して考えれば、近似的にこれを単弦運動と見ても大きな間違いはないと思う。多くの先輩もそう考えていたようで、佐野博士も無条件でこれを踏襲しておられる(佐野博士の「家屋耐震構造論」上編の第一章第一節を参照)。もっとも、(地動と建物の)周期が近い場合は1波ごとにひずみが増進するから、もし地動が整然とした単弦運動を継続するのであれば一層恐ろしいことになるが、実際にそんな地動が継続した例はない。そもそも建物自体がそんな大きなひずみには耐えられないから、早期に弾力を失って固有周期が伸び

て柔になるという理屈で、無限にひずみが増進するわけではないのである。また、地動の1波中に幾分か「節」があったり、1波1波が違っていたりすれば、その分だけ地動の破壊力は減殺されるから、建物にとってはかえって有利になる。したがって、その最も不利な波動の場合を想定しておけば、その他は考慮しなくてよいことになる。このように考えると、地震の運動がいかに複雑・不整であっても手が付けられないほどのものではないのだから、匙を投げるには及ばないと思う。

建物の弾性性状も振動性状も、お説の通り、精密に考えれば不規則・不明確なものであるに違いない。しかしながら、震度説に依られている博士もまた、弾性理論に基づいた今日の構造学を応用して安心されているようである。博士が推奨しているウィルソンの「たわみ角法（訳者注. 原文は Slop deflection method）」にしても、この不規則・不明確な性質の上に築きあげられたものである。今日の振動説が不規則・不明確な性質の上に築かれたところで何の不思議もないと思う。もちろん、材質の不整やその組み合わせの変化、あるいは土地の状況によって理論通りの結果が得られないことは同様であるが、しかしこれらの影響や、あるいは過度の変形によって生じる土地や構造材の弾性変化の影響、その他もろもろの原因による減衰（訳者注. 原文は Damping）の作用も、すべて建物の周期を延長する効果をもたらす。これらのことは、今日の弾性理論から出発した「剛がよい」とする考え方に対しては直ちに悪い影響となって表れるが、「柔がよい」とする私の方法では、これらの不整をそんなに鋭敏に考える必要がなくなるのである。

佐野博士はしきりに複雑・煩瑣・不明確を強調されるが、氏の震度説から見れば、振動説は複雑・煩瑣に違いない。しかし不明確ということ言うならば、むしろ震度説の方が一層不明確でまったく辻褃が合わないのではないか（このあたりについては、すでに本誌に掲載の私の講演の中でも述べた通りである）。

理論上の必要があるのであれば、複雑・煩瑣であってもそれを厭うことはできないのである。いかに簡単にしたくとも、理論の裏付けがないものでは安心できない。ことに本件のように、実物実験ができないものについては理論に頼る他ないことは一層である。このような次第ではあるが、しかし、我々の振動説もまるで手が付けられないほど複雑なものではないと思う。その応用については追々により工夫も加わり、単純化できるのではないか。是非ご考案願いたいものである。

次に、佐野博士は先輩の説に従い、地震の最大加速度をとってこれを震度と名付け、単一観念に統一して静的に扱えば応用は自在で、すべての複雑・煩瑣・不明確なものも釈然としてその大略をつかむことができると説いておられるが、これはいささか禅問答のようで、我々凡夫には悟りが開けそうにない。賢明な博士も、これで他の人々に分かってもらえるとは思っていないであろう。先に述べた通り、その最大加速度は（佐野博士が捕捉しがたいという）地震の運動を単弦運動と見て大森博士その他の先輩が算出したもので、佐野博士はこれを踏襲していると言われているのである。しかしこの最大加速度がなぜ静的に建物に働くのかについては、佐野博士はもとより、誰もこれを説明してはいない。ただ主観的にそう定めているに過ぎないと思う。宗教的信仰ならばそれでもよいかも知れないが、我々が相手にしているのは、地震という、我々の観念通りには行かない相手なのである。相手の行動が複雑・煩瑣・不明確で容易に知りたいからといって、その出方をこちらで勝手に決めつけてみても、敵はいささかもこれに影響される訳ではないのである。

我々はまず敵の行動範囲を精査した上で、それに応じた防御方法を講ずるべきであろう。お説の通り、建築は空論ではなく実技なのだから、なお一層主観的であってはならない。現象・理法を相当明確にした上でなければ、これに対抗する実技が生まれる筈もない。たとえ百年もの間河の清きを待つだけの余裕はないとしても、盲目的に進む愚は繰り返したくない。すべての現象・理法も実技もすべて程度の問題であって、蒸留水のような純粋な河水は千年待っても望むことはできない。たとえ濁っていたとしても、そこにおぼろげながら窺うことのできる事実があるのであれば、これを否定したり、またこれに逆行したりする訳にはいかないと思う。

地震は振動の継続であり、その一部を取り出して振幅や周期を計測することができる。それが大きな1波の時もあれば数波の連続の時もあるが、これを単一弦運動あるいは類似の運動として扱っても、その応用という見地からすればそう大きな見込み違いはないであろう。あるがままの不整な運動として見なければ全く見当がつかない、というほど潔癖になる必要はないと思う。もしそこまでの潔癖さを主張するのであれば、震度説のようなものも成り立たないことになる。もちろん、今日の振動説は不完全で、地震を定性的に捉えることしかできないかも知れない。しかし、定性的に見て不完全なものは定量的にも不完全であるに違いないから、まず定性的に捉えた上で定量的な把握に進めばよい。すでに私も、拙いながらもそのように進んでいるつもりである。それなのに、振動説がまだ定量的な把握の段階にまで至っていないという理由をもって、（震度説のような）すでに定性的に見て金が含まれていないと分かっているものの中になお金を求めようとするのはおかし

な話である。

言うまでもなく、地震の作用は動的なものである。これを簡単で便利であるという理由から静的に扱うのであれば、まず動的に扱った結果と静的に扱った結果を比較対照し、いずれも大きな誤差がないということが証明できなければ、たとえ近似的であろうともその方法を肯定することは出来ない。さらに、振幅や周期に一向にお構いなく、ただその最大加速度だけを見ていれば建物に対する地震の影響が分かるのだとすれば、加速度の大きな地震の方がつねに大きな被害をもたらすはずであるが、じつはこれほど事実と反するものもないのである。

試みに、震災予防調査会報告第 41 号にある大森博士の地震動に関する調査第 10 表（中央气象台）中、最大加速度 600 ミリ以上のものをあげると次の通りとなる。

番号	年月日	最大振幅(mm)	周期 (s)	最大加速度(mm/s ²)
1	明治 26 - 1 - 4	3.5	0.3	777.1
2	明治 27 - 6 - 20	76.0	1.3	887.7
3	明治 28 - 1 - 18	41.0	0.9	997.2
4	明治 28 - 11 - 11	6.1	0.2	3004.0
5	明治 29 - 8 - 20	2.9	0.3	636.0
6	明治 29 - 12 - 17	1.9	0.2	938.0

上表中の第 2 は明治時代の東京大地震として我々の記憶するもので、相当の被害があった。その加速度は 888 ミリであるが、第 3・第 4・第 6 の加速度はいずれもそれ以上である。ことに第 4 は 3004 ミリという大きなものである。しかも第 2 以外は格別の被害がなかったのである。また、震災予防調査会報告第 100 号について、大正 12 年 9 月の大地震（訳者注：関東大地震を指す）及びその余震から重要なものをあげると次のようになる（大学地震学教室の記録）。

番号	年月日時分	最大振幅(mm)	周期 (s)	加速度(mm/s ²)
1	12-9-1-11-58	88.6	1.35	959.62
2	12-9-2-11-46	69.7	2.3	260.09
3	12-11-5-5-45	15.0	0.5	1184.35
4	13-1-15-5-50	59.0	1.8	359.45

上表中の第 1 は、もちろん、大震災をもたらしたものである。次いで第 4 のものも多少の被害をもたらしている。しかるに、第 3 の加速度は最も大きかったが、何の被害もなかった。このように、建物の被害に関する限り、加速度の大小を基準にすることはできない。これを見る限り、むしろ振幅の大小が被害の大きさを表している、と言ってもよいくらいである。

震度説ではこのような事実が全く無視され、加速度のみで地震の大きさを表わしている。したがって、地震の 1 波の影響すら説明できないことになる。さらにこれを静的に扱ったのでは、一体何が出てくるのやら判断もつかない。ここから得られた結果がいかなる建物・いかなる地震に適合するのかは、おそらく佐野博士でも容易に判断することはできないと思う。これは特例だ、あれは例外だと定める見当もつかないであろうから、たとえ方法は簡単でも、相当な面倒は免れないことになる。しかもそれが徒労だとすれば、簡単であることに何の益があるだろう。

複雑を避けるための統一観念もよろしいが、そこには、これを統一して差し支えがない理由が備わっていなければならないと思う。病理・診断が複雑・不明確だからといって、いつも宝丹（訳者注：江戸の末期からある、万病に効くとされる薬）の一点張りでは効きそうにもない。河の清きを百年も待てないからといって、不安な療法を肯定する訳にもいかない。我々は、少なくとも今日分かっているだけの事実や科学を基礎にすべきである。未曾有の災厄にあった我々は、差し当たりよい工夫がなければ、より簡単でお金がかからない、より安全と思われる建物で代用し、我慢すべきであると思う。なげなしの身上をはたいて再びこんな目にあってはたまらない。佐野博士の言われたことだから間違いはないと信じる方々は別として、我々としては、今回伺ったご説明のみでは、残念ながらその価値をますます疑ってしまう次第なのである。

震度説はたんに耐震構造の一説に過ぎないとお考えならばともかく、もし震度これこれと定めて、これに相当する構造であれば、それ以下の震度のいかなる地震がきても安全であるという深い自信があつてのお話なのでしょうか。また加速度

の大きな振幅の短い地震は震度説ではどう扱ったらよいのでしょうか。是非高説をたまわりたいものです。

なおこの機会に、拙著に対するご批評をいただいたことを感謝致します。

私の粗野な数理が大変ご面倒をおかけしたそうで甚だ恐縮ですが、実は私はそんな難しい数理をひねり出すようなガラではないのであります。微分方程式の初歩を心得ておられる方なら、どなたでも容易に分かる数理だと思います。おそらく博士の頭の中では、評価が先に出来てしまっているため、詳しく見ようという気がハナから無かったのではありますまいか。というのも、「木造家屋に筋かいを入れよ」などということ、私は言ったことも書いたこともないのであります。それと正反対のことをしばしば言っているのです。かつて、小著を柱状体の振動を説いたものだと書いた人もいる。読んで言っているのか、あるいは挿絵でも見て評しているのか、恐れ入った話もあるものです。多忙な博士にご一読を願うのはまことに恐縮ですが、もしお暇があって今少し面倒を見て頂くことができ、一層重大な欠点のご指摘でも頂けるのであれば私にとってはこの上ない幸せです。

また佐野博士は、建物をなるべく剛とし、周期を1秒よりもはるかに小さくすれば1.5秒前後の周期をもつ地震に対して、物部・末広・真島諸博士その他の振動論者の誰にも驚かされずにすむ、丸ビルの修復がすなわちそれであると断定されるが、一体これはいかなる理由に基づくものであるか、我々にはまったく見当がつかかぬ。察するに、周期の差が相当あれば応答ひずみ（訳者注。原文では「感応歪曲」）が少ないという唯一の理由から出た推定であろう。しかし、ひずみの大小のみで建物の耐震強度の判断がつく筈がない。バネは大きなひずみにも安全であるが、ガラス棒はわずかなひずみに対しても不安であるという簡単な事実をも見逃しているようである。これは定量的な話でもなく、また定性的とも言えないかなり思い切った結論で、我々は何かのご託宣でも聞かされているのか、それとも現実の話を承っているのか、体をつねってみなければ分からなくなる。今少し我々にも分かるようなご説明を伺いたいものである。これで終わります、失礼致しました。

少々言い過ぎた点もあったかもしれませんが、博士が先に示された言葉の範囲内でお答えしたつもりですので、ご寛恕を願えるものと信じます。